

**Políticas de Desarrollo y
Transferencia de Tecnología: El
caso de la industria de equipos y
componentes para generación eólica
de alta potencia en Argentina**

Nicolini, Jorge
Neuman, Marcelo
Fernández, Marcelo
Modai, Enrique
Ramirez, Oscar

Documento de trabajo

DT IDEI 2 -2020

UNGS - IDEI

**Publicaciones
IDEI
Documentos
de trabajo**

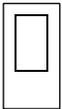
IDEI
Instituto de Industria

Universidad Nacional
de General Sarmiento



Políticas de Desarrollo y Transferencia de Tecnología:

18/3/20



IDEI

Análisis, diseño e implementación de sistemas organizacionales complejos

jnicolin@campus.ungs.edu.ar

Abstract: Algunos de los objetivos específicos establecidos para el Proyecto de Investigación: “Estrategias para el Desarrollo de la Trama Productiva de Equipamiento Eólico y Solar” se corresponden con poder identificar las herramientas de políticas vigentes más relevantes que promueven el proceso de sustitución de importaciones, las inversiones y el agregado de valor, como así también identificar ejes de política pública que ayuden a fomentar la tecnología local.

En este documento analizamos las políticas públicas y los modelos de transferencia tecnológica que se han venido aplicando para la energía eólica de alta potencia particularmente para los equipos más complejos que son los aerogeneradores. Las diferentes alternativas para la transferencia de tecnología eólica en un país, se sitúan entre la importación o la fabricación local de equipos considerando también las posibilidades intermedias de ensamble local y la fabricación local de ciertos componentes. En Argentina se aplicaron todos los modelos de transferencia de tecnología descriptos, pero no en la secuencia que emplearon aquellos países que desarrollaron una tecnología propia que fue escalando hasta ser competitiva en el mercado internacional. El apoyo a la fabricación local a través de requisitos de contenido local, incentivos financieros y fiscales, derechos de aduana favorables, programas de certificación de calidad, investigación y desarrollo resultaron beneficiosos en países como España y Australia que tratan de competir con las empresas líderes de la industria.

Una política industrial adecuada, vinculada con ciencia y tecnología, permitiría retomar y actualizar el sendero de desarrollo incipiente obtenido e impulsar nuevamente actividades intensivas en conocimiento. Sin embargo, existen actualmente varias barreras, entre las principales, se identificaron la falta de financiamiento adecuado y la falta previsión de mediano plazo para las inversiones productivas. De esta manera, si bien la existencia de un mercado local considerable y estable en energía eólica es vital para cualquiera de los modelos de aplicación de la tecnología, este por sí solo no genera las condiciones para el desarrollo de una industria local que puedan brindar soluciones para la generación de energía eólica mientras impulsa el empleo y el desarrollo tecnológico.

Palabras clave: Transferencia Tecnológica, Políticas, Energía Eólica de Alta Potencia

Introducción

El Régimen de Fomento para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica se puso en marcha con la Ley 26190, pero tuvo su impulso definitivo con la Ley 7191 del año 2015, en la que se establece el objetivo de que el 20% de la generación de energía provenga de energías renovables para el año 2025. Esto dió lugar a las sucesivas licitaciones del Programa RenovAr, que se constituyó en el principal instrumento de demanda, continuando una política energética en fuentes renovables iniciada por el programa GENREN (Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables).

Los resultados obtenidos del plan RenovAr a Diciembre del año 2019, muestran que el proceso está marcando un antes y un después en el sector, ya que si todos los proyectos presentados se realizan efectivamente, se contaría con 2,4 GW de potencia instalada en energías renovables, multiplicando por 10 la capacidad de generación preexistente. De acuerdo al informe de la Cámara de Energías Renovables (CADER, 2019), el sector eólico alcanzó a Septiembre de 2019 una potencia instalada de 1267 MW representando más de un 50% del total de 2350 MW en energías renovables en operación.

A nivel regional, el informe de GWEC (Global Wind Energy Council, 2020), indica que en América (Norte, Central y Sur) se instalaron 13.427 MW de nueva capacidad en energía eólica con un incremento del 12% respecto del año 2018 siendo los países líderes en la región: Estados Unidos (9,143W), México (1,284MW), Argentina (931 MW), y Brazil (745MW). En este sentido, podemos apreciar que el país tuvo un desarrollo relevante a nivel americano dado su tamaño de mercado.

A pesar de este crecimiento en la generación de fuentes renovables, en particular la eólica, no se verificó un apalancamiento de la industria nacional asociada a las magnitudes esperables a semejante crecimiento. Algunas inversiones de empresas líderes globales en la fabricación de aerogeneradores en las licitaciones del programa RenovAr y del programa de Mercado a Término (MATER - venta de energía entre privados), permitieron conformar una incipiente cadena de valor eólica con la participación de proveedores locales.

El marco regulatorio y el programa RenovAr se apoyaron en el recorrido previo de algunos proveedores locales integrantes del Cluster Eólico Argentino (constituido por empresas asociadas a la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina - CIPIBIC). Algunas empresas, como los fabricantes de torres, mantuvieron o mejoraron su posición con la nueva reglamentación. Sin embargo, el fabricante del aerogenerador (tecnólogo), ocupa el lugar central en la cadena de valor, liderando las actividades intensivas en conocimiento.

El marco normativo del programa RenovAr no favoreció el desarrollo de un aerogenerador completo en el país y solo abrió la posibilidad de integrar algunos componentes de menor valor agregado en una primera etapa como la torre y el ensamblado de la góndola. Según Fabrizio (2019) y Aggio (2018), Argentina tiene, a diferencia de otros países de América Latina, tecnología eólica propia a partir del desarrollo de aerogeneradores fabricados por las empresas IMPSA y NRG Patagonia que han sido certificados, homologados y que están actualmente en funcionamiento en distintos parques eólicos. El Programa GENREN del año 2009 favoreció el desarrollo de aerogeneradores locales cuando licitó una potencia de 500 MW en energía eólica constituyéndose

en un aspecto importante para la evaluación de las ofertas que los equipos y componentes debían ser en su mayoría fabricados y/o ensamblados localmente. La empresa IMPSA, el mayor tecnólogo nacional con proyección latinoamericana, enfrentó posteriormente problemas financieros que frenaron su sendero de desarrollo e impidieron su participación en el Programa RenovAr y en todo el negocio eólico. Actualmente, en lo que respecta a la energía eólica la empresa solo se encuentra terminando la fabricación de aerogeneradores comprometidos en el Parque Arauco, en La Rioja. La empresa NRG Patagonia, de menores dimensiones que IMPSA, tampoco pudo competir en el nuevo programa al no tener financiamiento y así poder reducir los costos del proyecto. (Fabrizio, 2019). Se verificaron inversiones de empresas extranjeras, VESTAS en la localidad de Zárate provincia de Buenos Aires en asociación con la local NEWSAN y de NORDEX ACCIONA en la planta de aviones de FADEA en Córdoba. Las inversiones fueron destinadas a ensamblar las góndolas de sus aerogeneradores.

Desarrollo de la Industria Eólica y Modelos de Aplicación de la Tecnología Eólica en un País

La mayor parte de las empresas líderes en la fabricación de aerogeneradores desarrollaron su tecnología actual a partir de procesos de investigación y desarrollo (I + D) que comenzaron a fines de la década de 1970 especialmente en Dinamarca, Países Bajos, Alemania y Estados Unidos. Dichos países impulsaron políticas gubernamentales para promover la utilización de la energía eólica y la creación de un mercado estable que facilitaron el surgimiento de fabricantes locales, que en la actualidad son proveedores de turbinas de clase mundial.

La experiencia adquirida en la fabricación de aerogeneradores fue probada en los propios mercados del país de origen de las empresas innovadoras. La saturación de sus ventas en el mercado interno llevó a las empresas a enfocarse en mercados extranjeros. Otros países, como China, España, India y en menor medida México y Brasil, que no formaron parte del primer grupo de países con empresas innovadoras utilizaron diferentes estrategias para fomentar el desarrollo de sus propias empresas nacionales para la fabricación de turbinas eólicas. Lema y otros (2012), identifican cinco mecanismos de transferencia de tecnología (Fig.1). Algunos mecanismos pueden presentarse en forma simultánea en un determinado proyecto o incorporarse en alguna etapa del desarrollo de la energía eólica en el país receptor mediante políticas de desarrollo adecuadas. El grado de diversidad está relacionado con el contexto del país que recibe la transferencia y de sus capacidades tecnológicas en el campo de las energías renovables.

En una primera etapa, generalmente se importa la tecnología hasta que el aumento en la demanda del mercado local justifique el apoyo a la fabricación local y el pasar de una etapa comercial o sea la importación del equipo completo a una etapa posterior en la que una empresa local puede fabricar la mayor parte del aerogenerador. El comercio se refiere a la importación del equipo (“hardware”) desarrollado y producido fuera del país receptor. Puede haber poca interacción fuera de la transacción y de la negociación o implementarse otros aspectos más elaborados que una transacción “llave en mano” de la planta y/o contratos posteriores de operación y servicios. La empresa proveedora del equipo (tecnólogo) puede instalar una subsidiaria de su propiedad en el país receptor, por lo que habría, si este fuera el caso, transmisión de recursos de la empresa matriz a la subsidiaria.

Respecto a los mecanismos de transferencia de tecnología se menciona, en síntesis, que el “joint venture” es una asociación entre una empresa extranjera y una empresa local que acuerdan compartir capital social, riesgos y la toma de decisiones en forma conjunta; comparten ganancias y otros beneficios de una operación local y donde la empresa extranjera puede brindar tecnología

y conocimientos. La licencia es un contrato legal en el que el licenciante puede transferir derechos específicos, como los derechos de propiedad intelectual a la empresa licenciataria del país receptor por una duración determinada. Puede incluir la compra total (indefinida) de los derechos de propiedad por parte de la empresa local. Así la firma en el país receptor puede fabricar localmente la turbina con tecnología propia. Pueden existir también relaciones con transferencias locales de tecnología entre empresas y/o organismos científicos tecnológicos como Universidades y Centros de Investigación.

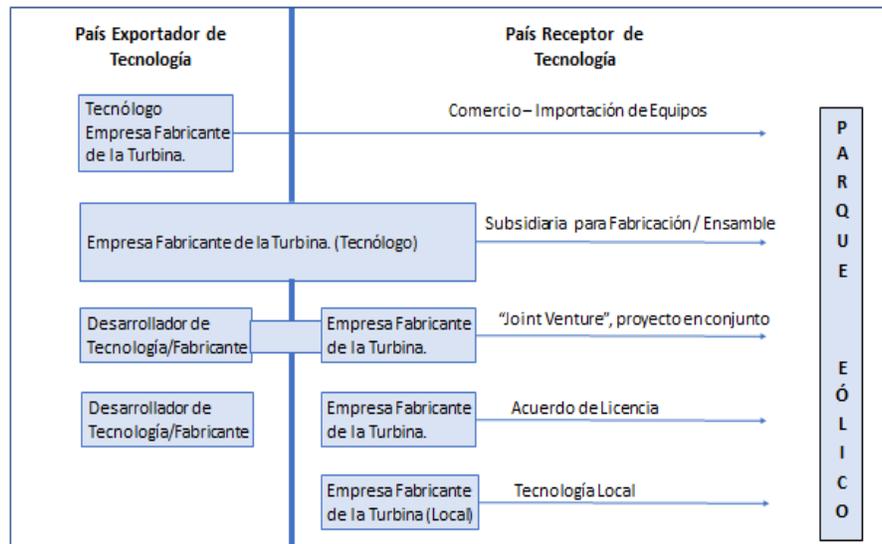


Fig. 1. Transferencia de Tecnología en Energía Eólica (adaptado de Lema y otros, 2012)

Un aerogenerador de alta potencia comprende un conjunto de sistemas y subsistemas complejos integrados aproximadamente por 8000 componentes que requieren a su vez diferentes procesos de fabricación. Cada componente presenta características y desafíos tecnológicos específicos. Lewis y Wisser (2006) incorporan el ensamble de la turbina y la fabricación de componentes como otras alternativas a la transferencia de tecnología eólica. (Tabla 1).

| | País Exportador de Tecnología | País Receptor de Tecnología |
|-----------------------------------|--|---|
| Ensamble de Turbina | Componentes importados | Conocimiento relacionado con el ensamble de una turbina |
| Fabricación de Componentes | Aquellos componentes que no se fabrican localmente | Componentes que pueden fabricarse localmente ejemplo: torres |
| Fabricación de Turbina | Componentes importados | Fabricación de la turbina con algunos componentes fabricados localmente |

Tabla 1. Modelos para la localización de tecnología eólica (adaptado de Lewis y Wisser, 2006)

Una empresa local puede aspirar a fabricar sistemas completos de turbinas eólicas, fabricar ciertos componentes e importar otros, o simplemente servir como base para el ensamble de componentes de turbinas eólicas importados de otros países. Los enfoques básicos descritos así como las diferentes formas de localización implican distintos grados de fabricación local y cada uno puede requerir un conjunto de medidas de políticas distintas y específicas. Los países también pueden pasar de un modelo a otro con el tiempo a medida que se expanden las capacidades tecnológicas locales.

Como se señaló, los fabricantes de turbinas eólicas comenzaron a desarrollar sus actividades en sus propios mercados locales que de alguna forma sirvieron como “campos de prueba” de sus diseños, ensayos y prototipos. Las características relevadas de estos mercados fueron su estabilidad y volumen suficiente que permitieron a empresas de Alemania, España, Estados Unidos, Dinamarca e India a comenzar localmente con la fabricación de sus equipos para luego expandirse globalmente en búsqueda de nuevos mercados (Connor, 2004). A partir del año 2006 el cambio del mercado dirigido hacia países menos desarrollados favoreció una mayor subcontratación de componentes a proveedores locales ubicados preferentemente en sitios donde se localizan los parques eólicos, consiguiendo mayor facilidad para adaptar los diseños de las turbinas a las necesidades locales. Así, las gondolas y las torres, que son piezas de gran tamaño y peso, pueden producirse y/o ensamblarse en el país donde se construye el parque eólico, mientras que otros componentes, como las cajas multiplicadoras, equipos de control y convertidores constituyen piezas críticas del aerogenerador y por lo tanto son fabricados en las propias instalaciones del tecnólogo o subcontratados a proveedores altamente especializados. Otros procesos y piezas menores como partes de fundición, forja y rodamientos pueden ser subcontratados a múltiples proveedores que, en muchos casos, no trabajan solamente para la industria eólica (Aggio y otros, 2018).

Políticas para el Desarrollo de la Industria Eólica

Los países en la frontera del conocimiento en energía eólica de alta potencia, presentan una importante participación del Estado que constituye un elemento distintivo y central para el desarrollo del sector. Lewis y Wiser (2007), agrupan las políticas en directas e indirectas. Son políticas directas aquellas acciones que se orientan específicamente al desarrollo de la industria eólica local. Las políticas indirectas son medidas que tratan de fomentar la utilización de la energía eólica e indirectamente establecen las condiciones para crear una industria fabricante de turbinas eólicas.

Políticas Directas

Las acciones que se buscan implementar probablemente no tienen el mismo objetivo, algunas proporcionan apoyo general a las empresas internacionales y nacionales para que fabriquen localmente partes y/o equipos, mientras que otras acciones proporcionan un apoyo diferencial a los fabricantes de aerogeneradores o componentes de propiedad nacional. La mayoría de los países emplean una combinación de diferentes instrumentos de política.

Requisitos de contenido local

La forma más directa de promover el desarrollo de una industria nacional de fabricación de equipos y componentes para la generación de energía eólica es requiriendo que parte de esta tecnología se

fabrique localmente. Una forma común de esta política exige un cierto porcentaje de contenido local para los aerogeneradores e instalaciones necesarias para la generación de energía eólica. Esas políticas obligan a las empresas, interesadas en vender al mercado local, la promoción de proveedores locales para algunos componentes utilizados en sus turbinas y/o formas de trasladar parte de su base de fabricación al país receptor.

Incentivos financieros y fiscales

Los incentivos financieros pueden incluir la adjudicación de proyectos para aquellos desarrolladores de parques eólicos que seleccionen una cierta cantidad de turbinas fabricadas localmente, facilitando esta acción mediante préstamos de bajo interés para el financiamiento de proyectos, o proporcionando subsidios financieros a la energía eólica generada con turbinas de fabricación local. Los incentivos fiscales pueden utilizarse para alentar a empresas locales a involucrarse en la industria eólica, por ejemplo, a través de créditos fiscales o deducciones por inversiones en tecnología eólica o en Investigación y Desarrollo (I+D). Además, se podría introducir una deducción fiscal para los costos de mano de obra dentro de la industria eólica local.

Aranceles aduaneros

Una forma de implementar incentivos para la fabricación y/o ensamble local es mediante un tratamiento de aranceles de aduana favorables a la importación de componentes de turbinas respecto a la importación de equipos completos. A las empresas que intentan fabricar o ensamblar turbinas eólicas en el país se les permite pagar un derecho de aduana más bajo para componentes importados, en comparación a las empresas que estén importando turbinas de fabricación extranjera.

Asistencia crediticia a la exportación

El gobierno puede apoyar la expansión de una industria nacional de energía eólica, ya desarrollada en el país y que intenta operar en los mercados extranjeros mediante una asistencia crediticia a la exportación, proporcionando así un apoyo diferenciado a los fabricantes locales.

Investigación y desarrollo (I+D) y Programas de certificación de calidad

Aquellos países con mayor desarrollo en la actividad eólica adoptaron regímenes de incentivos mixtos combinando políticas de apoyo al recurso energético con políticas adecuadas para el estímulo de la I+D del sector. Distintos estudios han demostrado que el apoyo sostenido de la investigación a la actividad eólica resultó ser crucial para el desarrollo de una industria eólica nacional (Del Río, 2010; Kamp, 2004). Se ha constatado también que la I+D es más eficaz cuando existen grados de coordinación y cooperación entre empresas eólicas privadas y las instituciones públicas, como laboratorios nacionales y universidades (Kamp, 2004). Poder promover y demostrar la calidad y credibilidad de turbinas y/o componentes de una empresa local constituye un requisito indispensable, el cual se consigue a través de la participación en programas de certificación y ensayos que cumplan con los estándares internacionales. El propósito de la certificación es la confirmación de que el tipo de turbina está diseñado, documentado y fabricado para cumplir con las premisas de diseño, bajo estándares específicos y de otros requisitos técnicos.

El objetivo es demostrar que es posible instalar, operar y mantener las turbinas de acuerdo con la documentación de diseño. La certificación contiene procedimientos relacionados con el diseño, la fabricación, las pruebas de conformidad y los planes para el transporte, montaje, instalación y mantenimiento de los equipos. La certificación de componentes de turbinas eólicas debe confirmar que un componente principal de un tipo específico se ha diseñado, documentado y fabricado para cumplir con los supuestos de diseño, estándares y otros requisitos técnicos establecidos por el fabricante de la turbina. Actualmente existen varias normas internacionales para los aerogeneradores en uso, la certificación de equipos y componentes de turbinas eólicas se basan en el estándar internacional IEC 61400 (IEC – Comisión Electrotécnica Internacional, por sus siglas en inglés) y otras normas de aplicación. La certificación aumenta la confianza de los desarrolladores del proyecto eólico y demás grupos de interés para un nuevo equipo, ayuda con la diferenciación entre productos y, si son internacionalmente reconocibles, a menudo son vitales para el éxito en un mercado global. Dinamarca fue el primer país en promover programas muy exigentes para la certificación y estandarización de la calidad en la tecnología de turbinas eólicas y sigue siendo líder mundial en este campo.

Políticas Indirectas

Para poder desarrollar una industria local de equipos y componentes de energía eólica se requiere de un mercado estable y con volumen suficiente, en consecuencia, son necesarios mecanismos de apoyo a este sector. Las políticas que se indican a continuación tienen por objetivo crear una demanda de energía eólica a nivel nacional.

Tarifas diferenciales (feed in tariffs)

Constituye una herramienta de política ampliamente difundida en las energías renovables y en particular en energía eólica con el objetivo de promover las inversiones en el sector y proporcionar un mercado estable y rentable para el desarrollo de proyectos eólicos. Consiste en ofrecer tarifas diferenciales para los que generen energía eólica y otras energías renovables atendiendo a su vez el costo de generación de cada una de estas. Las tarifas suelen ser superiores a los métodos convencionales de generación de energía y estables por un periodo relativamente largo para poder generar condiciones de estabilidad a los impulsores de estas energías. Adicionalmente pueden incluir un mecanismo mediante el cual la tarifa va descendiendo a lo largo del tiempo de manera de incentivar la reducción de costos en la generación de energía lo que exige a los fabricantes a focalizarse en desarrollos tecnológicos y en la innovación de sus equipos (Sijm, 2002).

Objetivos obligatorios para energías renovables (MRET – Mandatory Renewable Energy Targets)

Es un instrumento de política relativamente nuevo donde el gobierno o la autoridad responsable establecen que un porcentaje fijo de electricidad sea generado a través de energías renovables. Los objetivos pueden favorecer el desarrollo de estas energías porque:

- a. Brindan una señal a largo plazo a fabricantes, desarrolladores y otras partes interesadas que pueden contribuir a reducir los riesgos de inversión en la cadena de valor,

b. Ayudan a apoyar las decisiones de inversión relativas a la asignación de capital y recursos y pueden facilitar la planificación de otras inversiones a largo plazo, como la infraestructura de transmisión y distribución de la energía eléctrica,

c. Proporcionan una señal clave a los inversores sobre las oportunidades futuras y el crecimiento previsto de un mercado. Así, los objetivos de energía renovable pueden ayudar a acelerar la transición de los países a un sistema energético más eficiente y sostenible.

Una de las características más importantes de los objetivos obligatorios es que deben ser *SMART* (Específicos, Medibles, Alcanzables, Realistas y con Plazos limitados) (IRENA, Energy Target Setting, 2015). Sobre la base de este concepto, los diferentes tipos de objetivos de energías renovables pueden representarse a lo largo de una línea de tiempo que permita visualizar como y donde se encuentran en relación entre sí, dependiendo de sus características específicas, medibles y vinculantes. El objetivo de la línea de tiempo es diferenciar los simples anuncios gubernamentales de los objetivos de energía renovable plenamente articulados que estén acompañados de políticas, medidas claras, cuantificables y finalmente respaldados por obligaciones jurídicamente vinculantes.

La incertidumbre política a largo plazo puede afectar los objetivos y su diseño, lo que puede crear indecisión en el mercado y en la industria del sector de energías renovables (Lewis y Wiser, 2006).

Licitaciones del gobierno

Otro instrumento que puede utilizar un gobierno para facilitar el desarrollo de energías renovables, es llevar a cabo subastas. Las subastas se refieren a procesos competitivos de contratación de ofertas para electricidad procedente de energías renovables. El producto subastado puede ser de capacidad (MW) o de energía (MWh). Los desarrolladores de proyectos que participan en las subastas pueden presentar una oferta con un precio por unidad de electricidad al que pueden realizar el proyecto. El gobierno evalúa las ofertas sobre la base del precio y otros criterios y firma un acuerdo de compra de energía con el adjudicatario. Las subastas pueden estar acompañadas de beneficios como acuerdos de compra de energía a largo plazo.

En el período 2017-2018, 55 países utilizaron subastas para adquirir electricidad basada en energías renovables, elevando el número de países que han celebrado al menos una subasta de energías renovables a 106 a finales de 2018. La mayoría de los países en América tienen experiencia con las licitaciones estatales. En América Latina, Brasil, Perú y Uruguay fueron los primeros en adoptarlas. Más recientemente, Argentina, Chile y México se han unido a la tendencia de innovar con diferentes diseños de subastas: En el caso de Argentina a través de garantías de respaldo de los contratos y la consiguiente mitigación de riesgos (IRENA, Auctions and Trends, 2019).

Incentivos financieros y fiscales

En este caso son incentivos destinados a promover el uso de energías renovables. Los incentivos financieros pueden adquirir varias formas, de acuerdo a la producción eléctrica, a la inversión de capital o si se pagan como un incentivo en efectivo o a través de un programa establecido. Este mecanismo de política desempeña generalmente un papel suplementario a otras políticas para fomentar un crecimiento estable y considerable en los mercados de energías renovables. Los gobiernos también pueden ofrecer una variedad de incentivos fiscales para promover la inversión o la producción en este tipo de energías. Los incentivos pueden consistir en deducciones o créditos

del impuesto sobre la renta, al impuesto sobre la propiedad y reducciones sobre el impuesto al valor agregado.

Energía Eólica de alta potencia en Argentina

Según la Asociación Argentina de Energía Eólica, la dotación de recursos naturales de Argentina para la generación eólica es muy alta, disponiendo de vientos de más de 6 m/s en el 70 % del territorio con una dirección y constancia tal que permiten obtener, en condiciones de mínima, factores de capacidad del 35 % y superiores. Los factores de capacidad (entendiendo como la relación entre la energía generada anualmente por la turbina y la energía que podría haber generado si hubiera estado generando todo el año al 100% de su potencia nominal) permiten obtener una mayor eficiencia y rentabilidad de los aerogeneradores y desplazan por más tiempo a la generación fósil a la que intentan reemplazar (Spinadel, 2015).

El desarrollo de la energía eólica de alta potencia puede explicarse a partir del marco regulatorio aplicado sobre las energías renovables en Argentina. Se identifican tres periodos donde intervienen diferentes marcos normativos y políticas con resultados diversos respecto a las inversiones y los resultados productivos y tecnológicos obtenidos.

1. *Período 1994 – 2002.* A partir de la instalación del primer parque eólico ubicado en Comodoro Rivadavia (Chubut) en el año 1994, el primer régimen nacional para energía eólica y solar fue establecido por la ley N° 25019 en el año 1998 donde se estimulaba la generación de energías renovables asegurando un precio en Kwh de energía eólica y solar por encima al existente en el mercado por un determinado período (feed in tariff). Se utilizaban adicionalmente instrumentos de política fiscal, como por ejemplo la posibilidad de diferir por un periodo de 15 años las sumas correspondientes al Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre las inversiones de capital.

Sin embargo, esta ley no dio los resultados esperados. En el periodo 1994/2002 las inversiones resultaron en una capacidad instalada de 28,88 MW eólicos y la mayoría de las instalaciones no entraron formalmente al sistema interconectado, sino que destinaban la electricidad generada a la red de distribución local. Los incentivos otorgados por la regulación no mejoraban la competitividad de las centrales para vender la energía al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), (Recalde, M. 2015). Las inversiones realizadas se concentraron en general sobre proyectos pequeños (una cantidad de 45 aerogeneradores en total, con una potencia media de 0.63 MW en cada equipo) operados por cooperativas eléctricas en cinco provincias. Todos los equipos instalados fueron de origen extranjero. (Fundación Bariloche, 2009). En este período las inversiones en energía eólica fueron reducidas, particularmente por el estado de la tecnología en ese período y la infraestructura requerida para el transporte de la energía entre los sitios de generación y de consumo antes que el marco regulatorio y las políticas empleadas (Aggio, C. y otros, 2018).

2. *Período 2008 – 2016.* Uno de los intentos para lograr una diversificación en la matriz energética fue el lanzamiento del Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica en el año 2005, cuyo objetivo fue impulsar el desarrollo de infraestructura de generación eléctrica del país a partir de la energía eólica y promover la producción industrial argentina. Este Plan incluía la confección de un mapa Eólico Nacional y la instalación de 300 MW de potencia en diversos puntos del territorio argentino para el año 2012. Desde el aspecto legislativo, en diciembre del año 2006 se sancionó la Ley N° 26.190 “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinadas a la Producción de Energía Eléctrica”

La Ley declaró de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables, y estableció como objetivo alcanzar una contribución del 8% del consumo de electricidad nacional para que sea abastecido por energías renovables en un plazo de diez años a partir de su vigencia. En el marco del régimen de inversiones, daba prioridad para aquellos proyectos que favorecieran la creación de empleo y una integración con bienes de capital de origen nacional. Esta ley trató de mejorar los instrumentos de promoción establecidos en la ley anterior, pero en un principio el sistema de incentivos no funcionó hasta la reglamentación de la ley mediante el Decreto N° 562 del año 2009 (Giralt ,2011).

El Ministerio de Planificación Nacional formalizó el programa GENREN (Generación Eléctrica a partir de Energías Renovables) instruyendo a ENARSA (Energía Argentina S.A.), creada bajo la forma jurídica de una sociedad privada estatal, a que llevara adelante la licitación, adjudicara los proyectos y adquiriera la energía. En los hechos, actuaba como un intermediario entre las empresas de generación y el comprador final, CMMESA. La licitación tenía como objetivo cumplir con la meta del 8% del consumo total de energías renovables antes del año 2016 según la Ley N° 26190. Para el caso de la energía eólica, la potencia a contratar según el pliego fue de 500 MW, de un total licitado de 1.015 MW entre todas las fuentes renovables. El sistema propuesto fue el de subastas, por el cual, a las ofertas más convenientes, en cuanto a precio por MWh generado y que cumplieran con los requisitos técnicos especificados en la licitación, se les adjudicaría un contrato de compra de toda la energía producida por un período de 15 años. Todas las centrales debían ser instaladas en el sistema interconectado y los módulos en conjunto debían tener una potencia de 1 MW a 50 MW.

Uno de los puntos importantes para la evaluación de las ofertas fue que los equipos y componentes que formasen parte de las centrales generadoras debían ser mayormente fabricados o ensamblados en el país, conforme a los criterios del Régimen de Compre Trabajo Argentino. El incumplimiento del porcentaje del componente local de la obra denunciado, sería plausible de una penalidad de 50 mil dólares por cada MW ofertado, multiplicado por el porcentaje de desviación, o en su caso la rescisión del contrato según el grado de incumplimiento evidenciado (Giralt ,2011). Sobre 500 MW licitados en energía eólica, hubo una oferta de 1.000 MW. En julio del 2010 se publicó el resultado de la licitación, de la cual resultó que se adjudicaron 754 MW en energía eólica, lo que implicaba el 80% del total de energía licitada.

Sin embargo, las inversiones reales que se dieron a partir de la licitación GENREN fueron de 128,5 MW, tan solo el 17% del total aprobado. Como contrapartida se registraron otras inversiones no contempladas en el Programa GENREN de 70 MW donde hubo una importante participación del Estado nacional a través de ENARSA y de los estados provinciales. Estas inversiones fueron realizadas a partir de la Resolución N°108/2011 de la Secretaría de Energía que habilitó a CMMESA a contraer nuevos contratos de abastecimiento (Aggio, C. y otros, 2018). En este período intervinieron dos fabricantes nacionales (IMPESA y NRG Patagonia) quienes con la colaboración de ENARSA y de gobiernos provinciales instalaron sus equipos en parques eólicos situados en las provincias de La Rioja, Santiago del Estero y Chubut. La fabricación nacional de aerogeneradores implicó una potencia instalada de 61.4MW con treinta aerogeneradores.

Los proyectos en este período con el programa GENREN fueron de mayor envergadura que en el período anterior con una potencia media del aerogenerador de 2 MW. Sin embargo, de todos los

proyectos aprobados en la licitación solo iniciaron operaciones dos parques eólicos con 130 MW de potencia instalada. Otros siete parques (445 MW) interrumpieron sus obras con el objeto de firmar el contrato de venta de energía con CAMMESA con el nuevo marco regulatorio en el tercer período.

En el año 2013, el Ministerio de Ciencia ofreció un esquema de apoyo específico para el sector eólico: “FITS 2013 Energía – Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia” con la financiación de seis consorcios público - privados con el objetivo de desarrollar capacidades de fabricación y mejoras en los procesos de producción de aerogeneradores. Los resultados obtenidos fueron parcialmente aprovechados en el período siguiente. Como resumen de ambos períodos la potencia instalada total fue de 226.2 MW con 143 aerogeneradores. A diciembre de 2017 se contabilizaban 33 aerogeneradores (33 MW) fuera de servicio (Agüero, 2017). Las políticas e incentivos utilizados no lograron incrementar las inversiones requeridas que eran elevadas debidas al costo de los equipos, componentes y la infraestructura necesaria.

3. *Período 2016 – 2020.* El Régimen de Fomento para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica se puso en marcha con la Ley 26.190, pero tuvo su impulso definitivo con la Ley 27.191/2015, en la que se establece el objetivo del 20% para el año 2025, dando lugar a las sucesivas licitaciones del Programa RenovAr, que actualmente son el principal instrumento de demanda.

El programa RenovAr fue iniciado por la Dirección Nacional de Promoción de Energías Renovables perteneciente al Ministerio de Energía y Minería – MINEM en junio de 2016. Este programa fue el resultado de un conjunto de normativas en las que se trabajó desde el año 2006 cuando se promulgó el Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Desde principios de 2016, se ha realizado varias rondas licitatorias del Programa RenovAr (rondas 1; 1,5; 2 y ronda 3 o MiniRen). Se readecuaron contratos (Resolución 202/2016) que habían tenido dificultades de financiamiento durante el período anterior en el GENREN y no se habían construido, y se puso en marcha un marco regulatorio específico para la contratación de energía eléctrica de fuentes renovables entre generadores y comercializadores y grandes usuarios industriales y comerciales. A la fecha los proyectos eólicos ya contratados suman un total de 63 parques con un total de 3738 MW de potencia adjudicada. Están ubicados en 9 provincias, destacándose tres polos de desarrollo principales: Región sur de la provincia de Buenos Aires, Región de Puerto Madryn y Región de Santa Cruz Norte/ Chubut Sur.

Además también se estableció durante el último período el régimen MATER (Mercado a Término), cuyo objetivo fue reglamentar un mecanismo de compra de energía eléctrica por libre acuerdo entre privados, para que aquellos Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), con demandas de potencia iguales o mayores a 300 kW, tengan una alternativa para adecuarse a la Ley 27.191 por cuenta propia y no necesariamente como parte de la compra conjunta, instrumentada en el Programa RenovAr (CADER, 2019).

En septiembre de 2018 la Subsecretaria de Energías Renovables presentó la ronda 3 del programa RenovAr conocida como MiniRen que ofrecía 400 MW de potencia en todo el país, para ser conectados en redes de media tensión de 13,2 kV, 33 kV y 66 kV. La potencia máxima permitida por proyecto fue de 10 MW, mientras que la mínima de 0,5 MW. La distribución por tecnología fue de 350 MW para eólica y solar fotovoltaica, que competirían juntas con cupos por regiones y provincias. Dado la baja potencia licitada la ronda no consiguió entusiasmar a los grandes desarrolladores de parques eólicos.

En las sucesivas rondas del programa RenoVar se buscó incrementar a lo largo del tiempo el porcentaje nacional de partes y piezas que componen el aerogenerador, comenzando por aquellos de menor sofisticación tecnológica como las torres eólicas. No hubo presentaciones de fabricantes locales de aerogeneradores

La reglamentación de la Ley N° 27.191/2015 situó a las energías renovables como un eje básico en la política energética nacional, basándose en políticas destinadas a reducir el monto de inversión por MW de potencia, ofreciendo garantías para el pago de la energía vendida y reducir el riesgo de las inversiones (Aggio, C. y otros, 2018). Sin embargo, el marco normativo del Programa RenovAr no favoreció el desarrollo de un aerogenerador completo en el país y solo abrió la posibilidad de integrar algunos componentes de menor valor agregado en una primera etapa como la torre y el ensamblado de la góndola en plantas establecidas por tecnólogos extranjeros (Vestas y Nordex). El crecimiento de la tecnología fue potenciado por las licitaciones del programa RenoVar y del avance de la venta de energía entre privados en el Mercado a Término (MATER). El promedio de potencia de los aerogeneradores instalados con el programa fue de 2.9 MW, siendo uno, de 3.6MW, el más grande.

Los resultados de las subastas del programa RenoVar y MATER lograron demostrar la competitividad de la energía eólica en comparación con la generación de energía con la utilización de combustibles fósiles (CADER, 2019).

Las políticas, los modelos de aplicación de la tecnología eólica y los tecnólogos nacionales

IMPSA y NRG Patagonia desarrollaron sus propios aerogeneradores en el período 2008 - 2016 con equipos de 2.0 MW y 1.5 MW respectivamente. IMPSA es el fabricante local de mayor envergadura con su división IMPSA WIND. Esta unidad de negocios adquirió conocimientos básicos requeridos para la energía eólica a partir de la experiencia adquirida por otras divisiones de IMPSA. La empresa comenzó en el año 2003 con el desarrollo de tecnología propia con el asesoramiento de la empresa alemana VENSYS. Los aerogeneradores se caracterizan por ser de transmisión directa. La experiencia adquirida con la tecnología alemana VENSYS (actualmente controlada por Goldwind – China) junto con inversiones en investigación y desarrollo propios le permitió a la empresa obtener un desarrollo patentado como UNIPOWER refiriéndose a un concepto de aerogenerador con diseño síncrono, con excitación de imanes permanentes, conducido directamente desde la turbina (sin caja de engranajes).

La empresa se instaló en Brasil en el año 2008 donde la subsidiaria WEP (Wind Power Energy) se dedicó a continuar con el desarrollo y fabricación de aerogeneradores mientras que otra subsidiaria Energimp lo hizo para el desarrollo y gestión de parques eólicos. IMPSA Wind también participó en licitaciones de parques eólicos en Uruguay y en la construcción de un parque eólico en Venezuela. La empresa enfrentó problemas financieros a partir de la falta de pago de emprendimientos energéticos que había iniciado para los gobiernos de Brasil y Venezuela, lo cual le provocó demoras en los pagos a sus proveedores y falta de recursos para cancelar sus deudas financieras lo que la obligó a entrar en concurso preventivo. Esta circunstancia que afectó su capacidad técnica y financiera, e impidió su participación en el período iniciado en el año 2016 con el régimen de fomento para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (Aggio, C. y otros, 2018). En la actualidad IMPSA Wind está completando la fabricación de equipos de 2.0 MW para el Parque Eólico Arauco en La Rioja en su planta de Mendoza, con una provisión local de sus componentes del 75% (IMPSA).

NRG Patagonia es una empresa localizada en Comodoro Rivadavia integrada por socios locales. En el año 2008 desarrolló un aerogenerador de 1.5 MW con el asesoramiento de dos empresas

(una de origen alemán y otra de los Países Bajos (ex Holanda) que aportaron conocimientos específicos. El aerogenerador NRG 64 de 1,5 MW, diseñado para vientos Clase I imperantes en el sur de la región patagónica está instalado en el Parque Eólico El Tordillo en la provincia del Chubut y sobre el cual la firma efectúa también su operación y el mantenimiento. El modelo NRG 82 de 1,5MW de potencia diseñado para vientos Clase II, en sitios de velocidades medias de 8 m/s está en proceso de construcción y con posibilidades de instalación en el año 2020, en la provincia de Buenos Aires para continuar con las fases de pruebas y evaluaciones de campo. El contenido nacional de sus equipos es del 40 %. La empresa también realiza estudios de factibilidad del recurso eólico como así también el desarrollo, operación y mantenimiento de parques eólicos. NRG Patagonia tampoco pudo competir en el nuevo programa al no tener financiamiento y así poder reducir el costo del proyecto. (Fabrizio, 2019).

IMPSA y NRG integran el “Cluster Eólico Argentino” (CEA) constituido en el año 2011, con el auspicio de la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPIBIC).

Durante el período 2008 – 2016 y con relación a las políticas de I+D se reconoció la existencia de cuellos de botella de índole tecnológico – productiva relacionadas en gran medida con el problema de la falta de financiamiento. En este sentido, como se mencionaba, el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCYT) trató de dar una respuesta mediante una convocatoria durante el año 2013 en el marco del Fondo de Innovación Tecnológica Sectorial (FITS) denominado: “Energía: Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia”. La convocatoria estaba específicamente orientada al sector eólico y centrado sobre dos áreas estratégicas: la primera destinada a la generación de componentes para aerogeneradores y de elementos para sistemas de conexión a la red eléctrica y la segunda a la fabricación de aerogeneradores de 1 MW de potencia como mínimo.

Se aprobaron finalmente 6 proyectos, 3 de ellos localizados en la Patagonia y otros 3 distribuidos entre la Región Centro y Cuyo. En cada proyecto intervino un consorcio integrado por una empresa privada y un centro de investigación público entre ellos el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el Ministerio de Energía de Mendoza y varias Universidades Nacionales con el objetivo de emprender actividades de mejora de los procesos productivos de las firmas, con una modalidad asociativa entre las partes.

IMPSA y NRG Patagonia intervinieron en proyectos relacionados con el desarrollo de sus aerogeneradores. Los fabricantes de torres eólicas de acero, SICA y CALVIÑO participaron en otros dos proyectos relacionados con la mejora de sus instalaciones productivas (SICA) y el análisis de procesos para la fabricación de otros componentes que componen una turbina, como la góndola, estator, rotor y tapa. (CALVIÑO).

Los proyectos públicos privados financiados por el MINCYT a través del instrumento FITS, constituyeron una contribución al fortalecimiento de la industria nacional eólica. Los proyectos tuvieron algunos aspectos problemáticos que surgieron durante su implementación relacionados con cuestiones cambiarias y de regulación, sin embargo, alcanzaron diferentes grados de avance con diferente desempeño en cuanto a los logros de los objetivos tecnológicos buscados, pero en general resultaron positivos para el sendero evolutivo de las cuatro empresas nacionales mencionadas (Verre, 2018).

Es importante destacar que en el Programa RenovAr del año 2016, las empresas metalúrgicas SICA y CALVIÑO, se asociaron con empresas europeas especialistas en la fabricación de torres y pasaron a integrar la cadena de valor de fabricantes líderes de aerogeneradores como VESTAS. El marco normativo del Programa RenovAr no favoreció el desarrollo de un aerogenerador

completo en el país. Se priorizó la participación de empresas líderes globales, como VESTAS y NORDEX en el suministro y ensamble de aerogeneradores y se requirieron diferentes grados de contenido local en los equipos con la participación de proveedores nacionales, específicamente en la fabricación de las torres eólicas. Según Fabrizio (2019) y Aggio y otros (2018), Argentina tuvo, a diferencia de otros países de América Latina, tecnología eólica propia a partir del desarrollo de aerogeneradores fabricados por IMPSA y NRG Patagonia, certificados, homologados y en funcionamiento actualmente en parques eólicos. La tecnología eólica local con menor potencia y productividad de sus turbinas estaba atrasada respecto de la tecnología importada y más avanzada, pero una protección arancelaria y otros incentivos hubiesen evitado que la producción nacional de equipos se discontinuase y quizás permitido que los fabricantes pudieran retomar su curva de aprendizaje para la provisión de energía eléctrica a partir del recurso eólico (Roger, 2017) y Aggio y otros (2018).

Según IRENA, en su publicación Future of Wind (2019), las reducciones de los costos de la energía eólica son impulsadas principalmente por los avances en la tecnología de turbinas eólicas y los elementos clave que denotan las mejoras esperadas son el mayor diámetro del rotor y la altura del buje con el objetivo de lograr mayor potencia de los aerogeneradores, incluso en áreas con velocidades de viento más bajas. Los rotores más grandes ayudan a disminuir la potencia específica, lo que eventualmente aumenta los factores de capacidad. La potencia máxima promedio de las turbinas instaladas en 2018 fue de 4,3 MW, frente a 3,3 MW en el año 2015.

Conclusiones

Las diferentes alternativas para la transferencia de tecnología eólica en un país como lo indica la Fig.1, se sitúan entre la importación o la fabricación local de equipos considerando también las posibilidades intermedias de ensamble local y la fabricación local de ciertos componentes. En Argentina se aplicaron todos los modelos de transferencia de tecnología descritos, pero no en la secuencia que emplearon aquellos países que desarrollaron una tecnología local y competitiva.

Las decisiones sobre los modelos de transferencia elegidos y los plazos para la aplicación de los mismos, influirán sobre las herramientas de política que deban aplicarse. La intención de desarrollar una industria local requiere de una evaluación integral de los posibles beneficios técnicos y económicos entre ellos la creación de empleos, la reducción de costos potenciales, así como una evaluación detallada de las capacidades nacionales en el sector eólico.

El apoyo a la fabricación local a través de requisitos de contenido local, incentivos financieros y fiscales, derechos de aduana favorables, programas de certificación de calidad, investigación y desarrollo resultaron beneficiosos en países como España y Australia que tratan de competir con las empresas líderes de la industria (Lewis y Wiser, 2007). Una política industrial adecuada, vinculada con ciencia y tecnología, permitiría retomar y actualizar el sendero de desarrollo obtenido e impulsar nuevamente actividades intensivas en conocimiento. Las principales barreras que se identificaron para el desarrollo industrial local son el financiamiento y la falta previsión de mediano plazo para las inversiones productivas. La existencia de un mercado local considerable y estable en energía eólica es vital para cualquiera de los modelos de aplicación de la tecnología ya

que atraen eventualmente la participación de la inversión extranjera y favorece el desarrollo de una industria local.

Referencias

Aggio, C. Verre, V. Gatto, F. (2018). “Innovación y marcos regulatorios en energías renovables : el caso de la energía eólica en la Argentina”. Buenos Aires. CIECTI (Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia e Innovación).

Agüero, J. P. (2017), “Estado eólico actual de la Argentina”, presentación realizada en viento & energía Expo Argentina 2017, 9 y 10 de agosto, Buenos Aires, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

CADER (Cámara Argentina de Energías Renovables, 2019). Diálogo para la construcción del futuro energético argentino y la incorporación sustentable de las Energías Renovables.
<https://www.cader.org.ar/diálogo-para-la-construcción-del-futuro-energetico-argentino/>

Connor, P. (2004), “National innovation, industrial policy and renewable energy technology”, Centre for Management under Regulation, Warwick Business School, Warwick University, Coventry, Gran Bretaña.

Del Rio, P., (2010). “Analysing the interactions between renewable energy promotion and energy efficiency support schemes: The impact of different instruments and design elements”. Energy Policy 38 4978–4989. Elsevier.

Fabrizio, R. (2019), Energías Renovables. Universidad Nacional de San Martín.
<http://www.unsam.edu.ar/tss/fabrizio-hay-un-camino-clausurado-para-los-fabricantes-locales-de-aerogeneradores/>

Fundación Bariloche. (2009): “Energías renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas”, REEEP-Secretaría de Energía-FB. Argentina

Giralt, C. (2011), “Energía eólica en Argentina: un análisis económico del derecho”, Letras Verdes, N° 9, mayo- septiembre.

GWEC (Global Wind Energy Council). (2020). Reporte sobre instalaciones eólicas en América en el año 2019.
<https://gwec.net/americas-wind-installations-rise-12-in-2019-to-13-4gw/>

IRENA (International Renewable Energy Agency). “Renewable Energy Auctions, Status and Trends”. Diciembre 2019. ISBN: 978-92-9260-190-4
<https://www.irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price>

IRENA (International Renewable Energy Agency). “Renewable Energy Target Setting”. Junio 2015.

ISBN :978-92-95111-69-1

<https://www.irena.org/publications/2015/Jun/Renewable-Energy-Target-Setting>

IRENA (International Renewable Energy Agency). “Future of Wind. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects”. Octubre 2019. ISBN: 978-92-9260-155-3

<https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>

Kamp, L., Smits, R. y otros (2004). “Notions on learning applied to wind turbine development in the Netherlands and Denmark”. Energy Policy Volume 32, Issue 14, 1625-1637.

Lema, A.; Lema, R. (2012), “Technology transfer in the clean development mechanism: Insights from wind power”. Global Environmental Change. Elsevier.

Lewis, J.; Wiser, R. (2007), “Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms”. Energy Policy 35. 1844 – 1857. Elsevier.

Recalde, M. (2015). “Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina”. Problemas del Desarrollo. 183, 46. México.

Roger, D. (2017), “Propuesta para el desarrollo de la industria eólica argentina. Ecosistema competitivo para el desarrollo de la industria eólica nacional”, Buenos Aires, CIPIBIC. mimeo.

Sijm, J.P.M. (2002), “The performance of Feed – in Tariffs to promote renewable electricity in european countries. The energy centre of the Netherlands”, ECN–C02-083

Spinadel, E. (2015), "Energía Eólica - Un enfoque sistémico multidisciplinario para países en desarrollo.", Buenos Aires. Editorial Nueva Librería.

Verre, V. (2018), “Evaluación de los fondos de innovación tecnológica sectorial y regional (fits y fitr) en el marco de la evaluación final del Programa de Innovación Tecnológica III”, Buenos Aires, CIECTI, mimeo.